

振動による均一粒径液滴群の生成とその分裂に関する研究

著者	吉田 照彦
号	808
発行年	1980
URL	http://hdl.handle.net/10097/9544

氏 名	吉 田 照 彦
授 与 学 位	工 学 博 士
学 位 授 与 年 月 日	昭 和 56 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 根 拠 法 規	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項
研 究 科 , 専 攻 の 名 称	東 北 大 学 大 学 院 工 学 研 究 科 (博 士 課 程) 精 密 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	振 動 に よ る 均 一 粒 径 液 滴 群 の 生 成 と そ の 分 裂 に 関 す る 研 究
指 導 教 官	東 北 大 学 教 授 永 井 伸 樹
論 文 審 査 委 員	東 北 大 学 教 授 永 井 伸 樹 東 北 大 学 教 授 戸 部 俊 美 東 北 大 学 教 授 植 川 武 男 東 北 大 学 教 授 箱 守 京 次 郎

論 文 内 容 要 旨

第 1 章 緒 論

均一粒径液滴群（以下均一液滴と称す。）は液滴の衝突，分裂，燃焼などの基礎的な研究に利用されるので，その生成法の開発は工学的に重要である。従来行われて来た均一液滴生成法としては，振動，遠心力，電気力を利用する方法があるが，これらのうちノズルの縦振動による方法は利用上の簡便さの点で他の方法にまさり，液滴径の均一性や生成個数の面でも満足できる有力な方法である。これは噴流の不安定性に関するレイリーの理論を均一液滴生成に適用しようとしたものであり，従来の実験結果では，均一液滴を生成できるじょう乱波長はレイリーの安定限界波長より長くなければならないと報告されている。しかしレイリーの理論は，噴流の初期じょう乱が微小であると仮定した線形理論であるため，噴流に十分大きな初期じょう乱を与えるようにノズルを振動させた場合，生成条件はこの理論と異なったものになると考えられる。しかしながらノズル振幅や液体の物性など均一液滴生成におよぼす諸因子の効果についての検討はまだ十分には行われていない。

したがって，まず理論解析によってノズル振幅が噴流振幅に大きな効果を与えることを明らかにし，ノズル振幅や液体の物性など，均一液滴生成におよぼす諸因子を広範囲に変化させて実験を行う。そして，均一液滴生成条件を求め，レイリーおよびウェーバの理論と比較検討する。つぎに均一液滴を用いた応用研究として，まず液体微粒化法，噴霧冷却の観点から連続液滴の固体

壁面への衝突，さらに液体微粒化法，噴霧二相流の観点から気流による液滴の分裂に関する実験を行う。

第2章 ノズル振幅が流れにおよぼす効果に関する理論解析

ノズルの縦振動による均一液滴生成を行うにあたり，ノズルを流れ方向に振動させた場合の液体の流動状態について理論解析を行う。ただし液体は非圧縮性で，ノズルを振動させていないときは層流状態で流れているとする。

理論解析の結果，ノズルを振動させていないときの流れ，すなわち平均流とノズルの振動によって誘起される流れ，すなわち，じょう乱流の流動状態が明らかになった。さらにじょう乱流の流量，じょう乱流の1/2周期あたりの流出体積，そしてノズル出口近傍での噴流振幅について調べ，ノズル振幅がそれらに重要な効果を与えることを明らかにした。

第3章 均一液滴生成法

従来の均一液滴生成実験はレイリーの理論を噴流に適用したものであり，実験結果は彼の理論とよく合うと報告されている。したがって，まずレイリーの理論，および彼の理論を拡張したウェーバの理論を均一液滴生成実験に関連させて考察した。

つぎに従来行われた実験方法を検討し，ノズルが縦振動だけでなく横揺れするような振動方法は均一液滴生成条件を求めるには適さないことを実験により明らかにした。そして振動器，ノズル，液体供給法，液滴生成個数の計数法，ノズル振幅の測定法などについて予備実験を行い，最

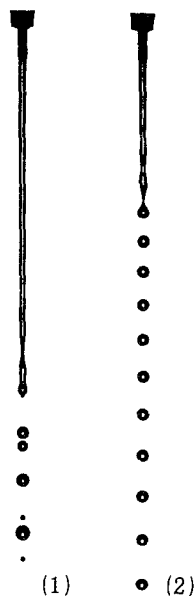


図1 不均一液滴と均一液滴の生成

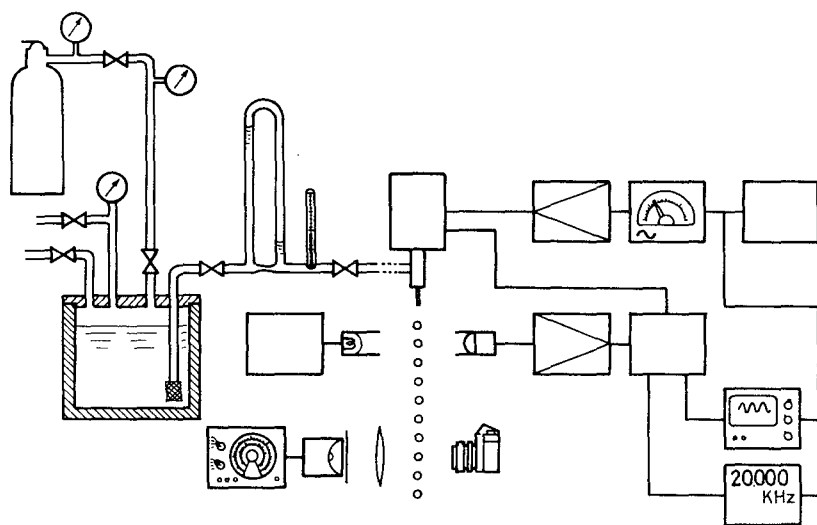


図2 均一液滴生成実験装置系統図

適の実験装置を設計、製作した。

ノズル内径，噴流速度，ノズル振動数，ノズル振幅，液体の物性などを広範囲に変化させて実験を行い，均一液滴生成条件を求めた。均一液滴生成現象はノズル振動数，ノズル振幅，噴流直径，噴流速度，液体の物性によって変化し，ノズル振動数とノズル振幅によって表わした均一液滴生成領域は下限界線，余滴生成限界線，液滴合体限界線の3本の境界線を持つこと，均一液滴を生成できる限界短波長はレイリーおよびウェーバの理論における安定限界波長はレイリーおよびウェーバの理論における安定限界波長よりも短いことなどがわかった。

第4章 噴流の不安定性に関する考察

第3章で行った均一液滴生成実験により，レイリーやウェーバの理論では噴流を不安定にできないとされるじょう乱波長でも噴流を不安定にでき，均一液滴を生成できること，また均一液滴を生成できるじょう乱波長は最大成長速度を持つじょう乱波長ただ一つではなく，ある範囲にわたって存在することがわかった。ここではこれらの点について考察を行った。

第5章 連続液滴の固体壁面への衝突

液体微粒化法の一つとして，液滴を固体面に衝突させて微粒を得ようとする方法，すなわち対壁衝突による微粒化法が考えられるが，これに関する研究は行われていない。また，液滴の固体壁面への衝突は液体微粒化法としてだけでなく，ディーゼル機関における蒸発，燃焼，あるいは高温面の噴霧冷却とも関連しており，その研究は工学的に重要である。したがって先に生成した均一液滴を用い，液滴直径，衝突速度，液体の物性，固体壁面の大きさなど，衝突条件を種々に変えて実験を行い，微粒化現象，微粒化機構，微粒生成条件などについて調べる。

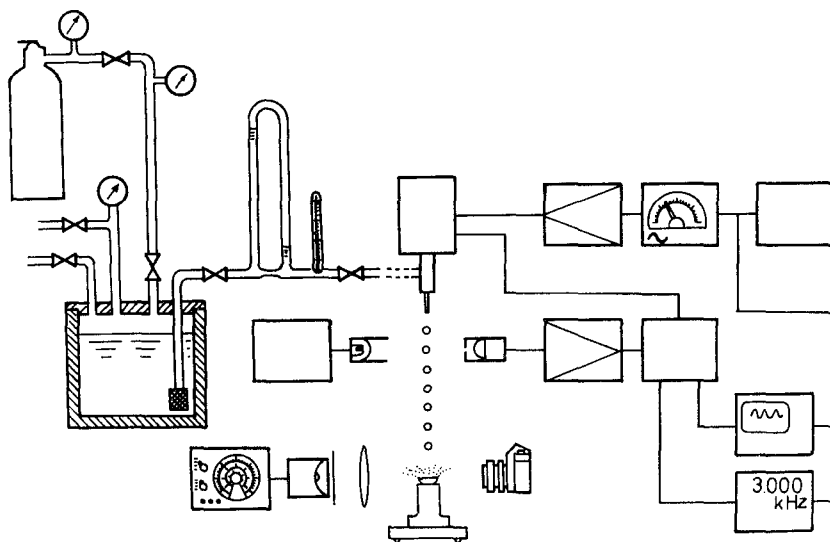


図3 連続液滴の固体壁面への衝突実験装置系統図

均一液滴を用いているため、衝突現象は高速度の現象でありながらストロボスコープを使うことにより、きわめてゆるやかな現象として観察することが可能である。実験の結果、対壁衝突微粒化現象は液滴径、衝突速度、衝突頻度、壁面直径、壁面上の液膜厚さ、液体の物性によって変化することがわかった。また、クラウンは連続流によっても形成されることを示し、その機構について考察した。そして微粒は粘性や表面張力が大きいと生成しにくいことが明らかになった。

第6章 気流による液滴の分裂

液体微粒化法の一つに気流による微粒化法がある。気流による液滴の分裂はこの方法による微粒化の最も基礎となる現象であり、これについての研究は噴流あるいは液膜の微粒化に関して多くの知見を与えることが考えられる。したがってここでは、液体微粒化法、液滴輸送、液滴加速法などの観点から、液滴径、液体の物性、気流と液滴の相対速度などを変えた実験を行い、気流による液滴の分裂現象、分裂機構、分裂条件などについて調べる。

均一液滴を用いているため、分裂現象は高速度の現象でありながらストロボスコープを使うことにより、きわめてゆるやかな現象として観察することが可能である。実験の結果、液滴の分裂形態は相対速度によって、また液体の物性によっても変化すること、液滴間隔が小さいと相互干渉を生じることなどが明らかになり、さらに臨界分裂条件式が求められた。

第7章 結 論

均一液滴生成に関する理論および実験による研究、均一液滴を用いて行った応用研究として連続液滴の固体壁面への衝突、気流による液滴の分裂に関する研究を行い、得られた結論を述べた。

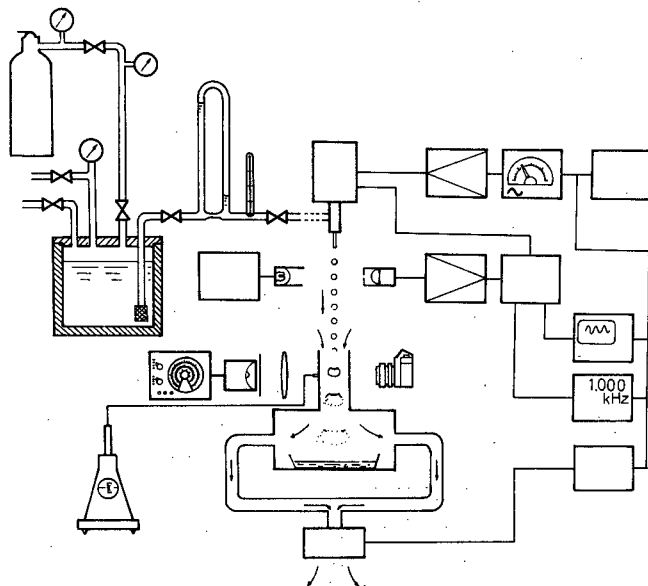


図4 気流による液滴の分裂実験装置系統図

審 査 結 果 の 要 旨

噴霧を利用する産業においては、最近、粒径の揃った噴霧生成法が要望されるようになり、各種の液体微粒化法が研究されている。そのうち振動による方法は簡便で、粒径均一度の高い液滴を多数生成できる利点があるのでとくに注目されているが、生成条件等については未知の事項が多い。

本論文は、ノズルの縦振動を利用して振動条件と均一粒径液滴群（以下均一液滴と呼ぶ）生成範囲との関係を系統的に求め、ついで均一液滴を用いて、個体面への衝突による分裂と高速気流による再微粒化について実験を行ない、液滴利用に資するデータをまとめたもので、全編7章より成る。

第1章は緒論である。第2章では振動ノズル内の粘性流について理論解析を行ない、ノズルからの流出流量を計算して、噴流に誘起される初期じょう乱について考察している。

第3章では、単一ノズルに縦振動を与え、振動条件を変えて噴流の分裂現象と均一液滴生成範囲を詳細に調べた結果について述べている。すなわち、均一液滴はノズル最小振幅、余滴生成および液滴合体の三つの限界線によって囲まれる領域で生成され、その領域は従来の理論で示された噴流の不安定範囲を越えた広い範囲にわたっていることなどの有用な知見を得ている。

第4章は噴流の不安定性に関する理論解析結果を他の理論と比較したもので、振動を与えた場合には初期微小じょう乱を仮定した線形理論よりも、じょう乱が大きいと考えた空間不安定性理論の方が現象をよく説明できることを示している。

第5章では均一液滴を固体面に連続衝突させた場合の噴霧生成について実験し、液滴の変形と分裂現象を10形態に分類するとともに、液滴の運動エネルギーに対する分裂限界を実験式にまとめて、対壁衝突における微粒化条件を求めている。ついで第6章では、一様空気流中を落下する均一液滴が急加速によって変形分裂する現象について調べ、従前提唱された二形式の分裂現象に加えて、液滴表面が非対称に変形して二分割される形態も存在することを明らかにして、液滴分裂限界を求めている。

第7章は結論である。

以上要するに、本論文は振動法による均一液滴生成に関して、振動条件と生成範囲との関係を明らかにするとともに、対壁衝突および高速気流による液滴の再微粒化現象に対して新たな知見を加えたもので、精密工学ならびに噴霧工業に寄与するところ少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。